

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Masaki NOSE**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Filed: **December 15, 2000**

For: **IMAGE PROCESSING METHOD, IMAGE PROCESSOR, AND STORAGE MEDIUM THEREOF**

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Director of Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

December 15, 2000

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

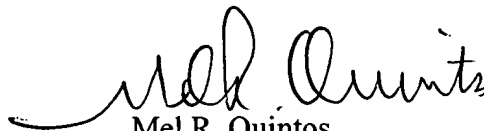
**Japanese Appln. No. 2000-067562, filed March 10, 2000**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,  
ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI  
McLELAND & NAUGHTON

  
Mel R. Quintos  
Reg. No. 31,898

Atty. Docket No.: 001628  
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
Tel: (202) 659-2930  
Fax: (202) 887-0357  
MRQ/ll



日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 3月10日

願 番 号  
Application Number:

特願2000-067562

願 人  
Applicant(s):

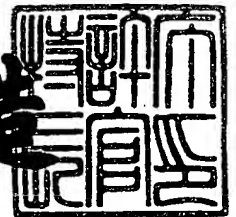
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 9月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3080263

【書類名】 特許願

【整理番号】 0050234

【提出日】 平成12年 3月10日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 H04N 1/403  
B41J 2/52

【発明の名称】 画像処理方法、その装置及びその記憶媒体

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士  
通株式会社内

【氏名】 能勢 将樹

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100094514

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 恒▲徳▼

【代理人】

【識別番号】 100094525

【弁理士】

【氏名又は名称】 土井 健二

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 030708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】            要約書    1

【包括委任状番号】   9704944

【プルーフの要否】    要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法、その装置及びその記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像を誤差拡散法を用いてハーフトーン処理を行う画像処理方法において、

注目画素値及び周辺画素値の平均値に従い、振幅及び周波数変調された正弦波を発生するステップと、

前記拡散された量子化誤差と、前記注目画素値と、前記正弦波とを加算するステップと、

前記加算結果を、所定の諧調数で量子化するステップと、

前記量子化による誤差から前記周辺画素の量子化誤差を算出するステップとを有することを

特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 請求項1の画像処理方法において、

前記正弦波を発生するステップは、

前記注目画素値及び前記周辺画素値の平均値を算出するステップと、

前記注目画素値と前記平均値との差分を算出するステップと、

前記平均値と前記差分とにより、前記正弦波の振幅を変調するステップを有することを

特徴とする画像処理方法。

【請求項3】 請求項1の画像処理方法において、

前記正弦波を発生するステップは、

前記正弦波の水平方向の周期と、垂直方向の周期とを独立に制御するステップを有することを

特徴とする画像処理方法。

【請求項4】 請求項1の画像処理方法において、

前記正弦波を発生するステップは、

各色の入力画像に対し、異なる前記正弦波の初期位相を設定するステップを有する

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 5】 請求項 1 の画像処理方法において、

前記入力画像を、双方向に走査して、前記注目画素値と、前記周辺画素値を読み出すステップを更に有し、

前記周辺画素の量子化誤差を算出するステップは、

複数の誤差フィルタから、前記注目画像値に応じて選択した誤差フィルタを用いて、前記量子化誤差を算出するステップを有することを

特徴とする画像処理方法。

【請求項 6】 入力画像を誤差拡散法を用いてハーフトーン処理を行う画像処理装置において、

前記入力画像を格納するメモリと、

前記入力画像を前記ハーフトーン処理する処理部とを有し、

前記処理部は、

注目画素値及び周辺画素値の平均値に従い、振幅及び周波数変調された正弦波と、前記拡散された量子化誤差と、前記注目画素値とを加算した後、前記加算結果を、所定の諧調数で量子化し、更に、前記量子化による誤差から前記周辺画素の量子化誤差を算出することを

特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】 入力画像を誤差拡散法を用いてハーフトーン処理を行うプログラムを格納する記憶媒体であって、

前記プログラムは、

注目画素値及び周辺画素値の平均値に従い、振幅及び周波数変調された正弦波を発生するプログラムと、

前記拡散された量子化誤差と、前記注目画素値と、前記正弦波とを加算するプログラムと、

前記加算結果を、所定の諧調数で量子化するプログラムと、

前記量子化による誤差から前記周辺画素の量子化誤差を算出するプログラムとを有することを

特徴とする記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、入力画像を誤差拡散法を用いてハーフトーン処理するための画像処理方法、装置及び記憶媒体に関し、特に、誤差拡散法における出力画像の幾何学的テクスチャと粒状性を向上させた画像処理方法、装置及びその記憶媒体に関する。

## 【0002】

## 【従来技術】

近年、カラー画像処理の進展に伴い、フルカラー画像の処理が可能となってきた。例えば、シアンC，マゼンダM，イエローYの各色に対し、256レベルの階調レベルの処理が行われている。一方、これを表示するディスプレイやプリンタ等のデバイスは、階調数に限りがあるため、フルカラー画像を表示、印刷できない。このため、階調表現数に限度のあるディスプレイやプリンタ等のデバイスでは、誤差拡散法によってフルカラー入力画像をハーフトーン画像に変換している。

## 【0003】

誤差拡散法とは、入力画像を出力デバイスの持つ階調数で量子化した時に発生する量子化誤差を周辺画素に拡散することによって、階調保存性を満足したハーフトーン画像を得るアルゴリズムである。

## 【0004】

しかし、誤差拡散法の欠点として、出力画像のドット低密度領域（黒ドットの少ない領域）に発生するテクスチャ（wormという）、ドット高密度領域（黒ドットの多い領域）に発生するテクスチャ（fingerprintという）と言った幾何学的テクスチャが発生する点が指摘され、従来から多くの改良が試みられている。以下に、これまで提案された改良技法を説明する。

## 【0005】

第1の方法は、入力画像を双方向に走査する双方向走査（Ulichney, 1987）であり、ドット低密度領域では、量子化誤差の拡散方向が分散されるために、worm

は軽減される。

【 0 0 0 6 】

第 2 の方法は、量子化誤差を周辺画素に拡散するための誤差フィルタを切り替える誤差フィルタ切替方式 (R.Eschbach, "Reduction of artifacts in error diffusion by means of input dependent areas", Journal of Electronic Imaging, 2(4) pp 352-358 (1993).) である。入力画素やその周辺画素に依存して数種の誤差フィルタを使い分け、worm及びfingerprintを軽減する。使用するフィルタを大サイズにするほどwormは軽減する。

【 0 0 0 7 】

又、双方向走査方式と誤差フィルタ切替方式を併用したものも提案されている (例えば、日本国特開平 9 - 6 5 1 2 6 号公報)。

【 0 0 0 8 】

第 3 の方法は、正弦波重畳方式 (Y.Kishimoto, M.Nose, R.Saito and H.Kotera, "Improved error diffusion method with AM/FM periodic noise", Proc.IS&T SNIP15 pp 366-369 (1999)) であり、量子化処理の前に、振幅・周波数変調の正弦波を入力画素値に重畳することでドットを矯正配置する。計算量も比較的少ない。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述の従来技術では、次の問題がある。

【 0 0 1 0 】

第 1 の方法の双方向走査では、ドット低密度領域では量子化誤差の拡散方向が分散されるためにwormは軽減されるが、ドット高密度領域領域では量子化誤差の干渉によってfingerprintは増幅してしまうという問題がある。

【 0 0 1 1 】

第 2 の方法の誤差フィルタ切替方式及び双方向走査を兼用したものでは、幾何学的テクスチャ (worm及びfingerprint) は軽減するが、ドット低密度領域において、網点のような均一な周期的ドットパターンを形成できず、ドットの粒状性が目立ち、色再現範囲は向上しない。



【 0 0 1 2 】

第 3 の方法の正弦波重畳方式では、単純に入力レベルの強さに応じて、正弦波を印加していたため、出力画像のエッジが不明瞭となり、濃淡の激しい画像では改善力に乏しいという問題がある。

【 0 0 1 3 】

また、以上の単独の技法ではworm、fingerprintを同時に改善することは難しく、その一方それぞれので技法のむやみな併用では計算量が増大する一方になってしまう。

【 0 0 1 4 】

本発明の目的は、幾何学的テクスチャの防止だけでなく、粒状性の低下を防止するための画像処理方法、装置及び記憶媒体を提供することにある。

【 0 0 1 5 】

本発明の他の目的は、ドット密度の低い領域において、網点に近い粒状性の少ない画像をえるための画像処理方法、装置及び記憶媒体を提供することにある。

【 0 0 1 6 】

本発明の更に他の目的は、出力画像のエッジの不明瞭さを防止し、濃淡の激しい画像でも、誤差拡散の効果を発揮するための画像処理方法、装置及び記憶媒体を提供することにある。

【 0 0 1 7 】

【課題を解決するための手段】

この目的の達成のため、本発明の入力画像を誤差拡散法を用いてハーフトーン処理を行う画像処理方法は、注目画素値及び周辺画素値の平均値に従い、振幅及び周波数変調された正弦波を発生するステップと、前記拡散された量子化誤差と、前記注目画素値と、前記正弦波とを加算するステップと、前記加算結果を、所定の諧調数で量子化するステップと、前記量子化による誤差から前記周辺画素の量子化誤差を算出するステップとを有する。

【 0 0 1 8 】

本発明の入力画像を誤差拡散法を用いてハーフトーン処理を行う画像処理装置は、前記入力画像を格納するメモリと、前記入力画像を前記ハーフトーン処理す

る処理部とを有し、前記処理部は、注目画素値及び周辺画素値の平均値に従い、振幅及び周波数変調された正弦波と、前記拡散された量子化誤差と、前記注目画素値とを加算した後、前記加算結果を、所定の諧調数で量子化し、更に、前記量子化による誤差から前記周辺画素の量子化誤差を算出する。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の入力画像を誤差拡散法を用いてハーフトーン処理を行うプログラムを格納する記憶媒体のプログラムは、注目画素値及び周辺画素値の平均値に従い、振幅及び周波数変調された正弦波を発生するプログラムと、前記拡散された量子化誤差と、前記注目画素値と、前記正弦波とを加算するプログラムと、前記加算結果を、所定の諧調数で量子化するプログラムと、前記量子化による誤差から前記周辺画素の量子化誤差を算出するプログラムとを有する。

## 【 0 0 2 0 】

本発明では、重畳する正弦波の振幅、周波数を、注目画素値と周辺画素値の平均値を用いて、変調している。平均値は、ドット密度の高低を示すため、ドット密度に応じた、振幅、周波数の正弦波を重畳できる。このため、諧調性を維持するため、誤差拡散しても、ドット密度の低い所では、網点のような均一で周期的なドットパターンを、ドット密度の高い所では、市松模様に近い高周波なドットパターンに、配置でき、視覚的により良好なハーフトーン画像が得られる。

## 【 0 0 2 1 】

本発明の画像処理方法では、前記正弦波を発生するステップは、前記注目画素値及び前記周辺画素値の平均値を算出するステップと、前記注目画素値と前記平均値との差分を算出するステップと、前記平均値と前記差分とにより、前記正弦波の振幅を変調するステップを有することもある。差分を用いているため、画像のエッジを検出して、正弦波の効果を低減することができ、エッジでのドットの強制配置を防止し、エッジを明瞭に保存できる。このため、濃淡の激しい画像でも、良好なハーフトーン画像を得ることができる。

## 【 0 0 2 2 】

本発明の画像処理方法では、前記正弦波を発生するステップは、前記正弦波の水平方向の周期と、垂直方向の周期とを独立に制御するステップを有することもある。

できる。水平方向と垂直方向とを、独立に制御するため、正弦波が、2次元的に作用し、正弦波により、ドットの配置を、2次元で制御できる。このため、2次元平面で、より良好なハーフトーン画像が得られる。

#### 【 0 0 2 3 】

本発明の画像処理方法では、前記正弦波を発生するステップは、各色の入力画像に対し、異なる前記正弦波の初期位相を設定するステップを有することができる。カラー画像を取り扱った場合に、各色のドットが重ならないように、ドットを強制分散でき、各色のドットを比較的等間隔で、併置させることができる。これにより、ハーフトーン画像の空間周波数を高くでき、粒状性の減少をもたらし、且つ色域も拡大する。

#### 【 0 0 2 4 】

本発明の画像処理方法では、前記入力画像を、双方向に走査して、前記注目画素値と、前記周辺画素値を読み出すステップを更に有し、前記周辺画素の量子化誤差を算出するステップは、複数の誤差フィルタから、前記注目画像値に応じて選択した誤差フィルタを用いて、前記量子化誤差を算出するステップを有することができる。この態様では、双方向走査と小サイズ誤差フィルタ切替方式を併用することで、計算量の増加を抑えて、幾何学的テクスチャの抑制を図ることができる。

#### 【 0 0 2 5 】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本発明を、画像処理、AM-FMスクリーン関数の順で、図面を用いて説明する。

#### 【 0 0 2 6 】

##### 〔画像処理〕

図1は、本発明の一実施の態様のブロック図、図2は、その画像処理装置の機能ブロック図、図3は、双方向走査の説明図、図4は、画像処理装置の部分ブロック図である。

#### 【 0 0 2 7 】

図1は、カラーインクジェットプリンタに適用した例を示しており、メモリ2

0は、入力画像を、C（シアン）,M（マゼンダ）,Y（イエロー）プレーンにそれぞれ0～255の濃度値（0：黒、255：白）を持つフルカラー画像で格納する。画像処理ユニット21は、MPUで構成され、Q値化のハーフトーン処理を行うものとし、量子化閾値は一定間隔に取るものとする。例えば、2値化処理の場合には127.5レベルに閾値を取り、6値化処理の場合には、25.5、76.5、127.5、178.5、229.5の各々のレベルに閾値を取るものとする。

#### 【0028】

出力メモリ22は、ハーフトーン処理された出力画像を、C、M、Yプレーンに格納する。カラーインクジェットヘッド23は、出力画像に応じて、各色のインク滴を噴射し、図示しない印刷媒体に印刷を行う。MPU21は、各色の入力画像を、各色別に処理する。尚、メモリ20、21は、1つのメモリでも構成できる。

#### 【0029】

画像処理ユニット21を、図2で説明する。図2において、1は入力画像を示す。2は入力画素値Iと誤差フィルタ6を通じて決定された量子化誤差Eを加算する加算回路、3は加算回路2で加算された値を量子化閾値によって量子化を行う量子化回路、4は量子化誤差を計算する減算回路、5は量子化誤差を記録する誤差バッファ、6は誤差の拡散割合を記録した誤差フィルタ、7は入力画像内の注目画素及び周辺画素の値を検出する濃度レベル検出回路、8は検出回路7からの値を元にAM-FMスクリーン関数（正弦波）を発生する回路、9は正弦波の周期を格納するバッファである。

#### 【0030】

この構成の動作を説明する前に、この実施の形態に用いられる双方向走査を、説明する。双方向走査とは、図3に示すように、走査方向を走査線毎に往復させる走査方法である。ドット低密度領域に発生するwormの発生原因は、量子化誤差の拡散方向がある一定方向に偏ってしまうことに主にあるが、この走査方法の導入によって、誤差の拡散方向の分散性が向上するので、wormが軽減される。

#### 【0031】

しかし、双方向走査の導入は、副作用としてfingerprintを増幅してしまう現

象がしばしば見られる。そこで、図4に示す2種類の小サイズ誤差フィルタ60、61を誤差フィルタ6に設けている。小サイズ誤差フィルタ60、61を、図2の検出回路7から検出した値、つまり注目画像値の濃度レベルに応じて使い分けることによってfingerprintの抑制を可能とする。

## 【0032】

図4の誤差フィルタ60はハイライト領域（低ドット密度領域）でのドットの均一性を高くする特性を有し、誤差フィルタ61は中間調領域（高ドット密度領域）でドットの高周波性をもたらす特性を持つ。図4に示すように、ドットの低密度域とは、黒ドットの少ない（白ドットの多い）領域と、黒ドットの多い（白ドットの少ない）領域とを示し、誤差フィルタ60が選択される。ドットの高密度域とは、その中間の領域を示し、画像変化の激しい領域である。ここでは、誤差フィルタ61が選択される。

## 【0033】

以上に示した双方向走査、小サイズ誤差フィルタ切替操作の2つの技法を併用することで、計算量の増大を最小限に抑えてworm、fingerprintと言った幾何学的テクスチャを解消することができる。

## 【0034】

更に、量子化処理の際に、図2の濃度レベル検出回路7から得られた値に依存した振幅と周波数を持つAM-FMスクリーン関数（正弦波）を発生回路8で計算し、その算出値を、量子化誤差と共に、加算回路2に重畳させる。このことで、出力画像のドット低密度領域でかなり網点に近似した粒状性の少ないドットパターンを得られる。

## 【0035】

次に、図2の構成の動作を説明する。まず、走査方向を決定する。最初の走査方向は、通常のラスタ走査と同様、右方向でよい。次に、濃度レベル検出回路7で、入力画像の注目画素値及び周辺画素値の濃度レベルを検出する。その回路7から検出された注目画素値の濃度レベルに応じて、その画素値に対して使用する誤差フィルタ60、61（図2の6）を決定する。

## 【0036】

その誤差フィルタに従い、誤差バッファ 5 で蓄えられた量子化誤差を回路 6 で重み付けして加算する。ここでまた、検出回路 7 で検出された注目画素値と、その近傍の周辺画素値 8 の平均濃度レベル  $Avg$  を、図 4 の検出回路 7 のローパスフィルタ 70 により、計算し、差分回路 71 により、注目画素値  $I$  と平均濃度レベル  $Avg$  との差分  $\delta$  を算出する。

【0037】

そこで得られた平均濃度レベル  $Avg$  と差分レベル  $\delta$  を元に、発生回路 8 で AM-FM スクリーン関数の振幅・周波数を算出し、重畳する濃度レベルを決定する。後述するように、図 4 において、振幅計算回路 80 は、平均濃度レベル  $Avg$  と差分レベル  $\delta$  とから、振幅を計算し、周波数計算回路 81 は、平均濃度レベル  $Avg$  から周波数を計算する。そして、関数計算回路 82 は、振幅及び周波数から重畳する関数を計算する。

【0038】

図 2 に戻り、注目画素値  $I(x, y)$  と、回路 6 からの量子化誤差と、回路 8 で算出された AM-FM スクリーン関数値を、加算回路 2 で加算する。加算回路 2 で加算した値を、量子化回路 3 での閾値によって定められたレベルに量子化し、その値を出力画像の画素値とする。

【0039】

回路 2 で決定した値から、回路 3 で決定された濃度レベルを、回路 4 で減算する。減算回路 4 で算出した値を、誤差バッファ 5 に記録する。この操作を終えたら注目画素値を右に 1 つずらし、以上の一連の操作を繰り返す。

【0040】

以上の一連の操作をその主走査線の最後の画素まで繰り返したら、次に処理する走査線の走査方向は先ほどと反転させ（つまり右から左とし）、同様の操作を行う。この時には、操作方向が反対であるので、6 での誤差フィルタ 60, 61 の形状も左右反転させる。

【0041】

[AM-FM スクリーン関数]

この AM-FM スクリーン関数の振幅特性と周波数特性を以下に説明する。まず、

図5乃至図10により、AM-FMスクリーン関数の振幅（以下Amp）特性を説明する。振幅Ampは、検出回路7内のローパスフィルタ70を用いて周辺9画素からの平均値（以下Avg）を算出し、それを利用して制御する。そのAM-FMスクリーン関数はドット低密度領域で高振幅、ドット高密度領域で低振幅となるようにする。

#### 【0042】

ここで、図6（A）に示すように、Qが「2」である、2値化の例で説明すると、平均値が、しきい値より大きい程、黒ドットが疎であり、ドット低密度領域と定義する。3×3のマトリックスでこの状態を、図5（A）に示す。又、平均値が、閾値より小さい程、白ドットが疎であり、これもドット低密度領域と定義する。これは、図5（C）に示す。平均値が中間、即ち、しきい値近傍では、図5（B）に示すように、黒ドットと白ドットが混在する。これを、ドット高密度領域と定義する。4値化の場合には、図6（B）に示すようになる。

#### 【0043】

つまり、このAM-FMスクリーン関数の振幅はハイライト部（ドット低密度領域）のドットを矯正配置する強さを意味する。ここで、単純に入力レベルの強さに応じて正弦波の振幅を決定すると、出力画像のエッジが不明瞭になる副作用も見られる。そこで、注目画素値とローパスフィルタの算出値との差分 $\delta$ を導入し、その差分も正弦波の振幅パラメータとする。このように振幅制御することによって、エッジが明瞭に保たれ、ドット分散性もより安定したものとなる。

#### 【0044】

振幅Ampを式で表すと以下のようなになる。

#### 【0045】

$$\text{Amp} = C(\text{定数}) \cdot (\text{mod}(\text{Avg}, 255/(Q-1)) - 255/2(Q-1)) \gamma / (\delta^4 + 1) \quad (1)$$

ここで、 $\text{mod}(a, b)$ は $a$ を $b$ で割った余りを示す。

#### 【0046】

この振幅式は、AmpはQ値化処理において、ドット低密度となる領域で高い値を取り、ドット高密度領域で低い値を取る一般式を示しており、1つの式で容易に制御できる。

## 【 0 0 4 7 】

この式の意味を、図 7 乃至図 1 0 により、説明する。図 7 (A) は、2 値化 (即ち、 $Q = 2$ ) の時の平均値  $Avg$  と、余り  $mod$  との関係を示す。次に、図 8 (A) は、平均値  $Avg$  と  $mod(Avg, 255/(Q-1)) - 255/2(Q-1)$  を示す。更に、べき乗した場合には、図 9 (A) のように、平均値  $Avg$  とべき乗値  $(mod(Avg, 255/(Q-1)) - 255/2(Q-1))^r$  の関係となる。したがって、平均値 (以下  $Avg$ ) から、ドット低密度領域で高振幅、ドット高密度領域で低振幅となる振幅が得られる。更に、式 (1) では、べき乗値を、差分  $\delta$  に比例する  $(\delta^4 + 1)$  で割っている。図 1 0 に示すように、濃淡変動の少ない部分では、 $\delta$  は、小さいため、式 (1) の振幅  $Amp$  は、大きい。即ち、正弦波が強く作用し、ドット分散の作用を強く発揮する。一方、濃淡の多い部分では、差分  $\delta$  は、大きくなり、式 (1) の振幅  $Amp$  は、小さくなる。これにより、AM-FM スクリーン関数の付加により、エッジがなまることを防止でき、よりドット配置を均一にできる。

## 【 0 0 4 8 】

図 7 (B) は、4 値化 (即ち、 $Q = 4$ ) の時の平均値  $Avg$  と、余り  $mod$  との関係を示す。次に、図 8 (B) は、平均値  $Avg$  と  $mod(Avg, 255/(Q-1)) - 255/2(Q-1)$  を示す。更に、べき乗した場合には、図 9 (B) のように、平均値  $Avg$  とべき乗値  $(mod(Avg, 255/(Q-1)) - 255/2(Q-1))^r$  関係となる。したがって、同様に、平均値 (以下  $Avg$ ) から、ドット低密度領域で高振幅、ドット高密度領域で低振幅となる振幅が得られる。更に、式 (1) では、べき乗値を、差分  $\delta$  に比例する  $(\delta^4 + 1)$  で割っている。図 1 0 に示すように、濃淡変動の少ない部分では、 $\delta$  は、小さいため、式 (1) の振幅  $Amp$  は、大きい。即ち、正弦波が強く作用し、ドット分散の作用を強く発揮する。一方、濃淡の多い部分では、差分  $\delta$  は、大きくなり、式 (1) の振幅  $Amp$  は、小さくなる。

## 【 0 0 4 9 】

次に、AM-FM スクリーン関数の周波数  $Frq$  を図 1 1 乃至図 1 4 により説明する。周波数も検出回路 7 から得られた入力画素値に依存させる。それは、その注目画素値における理想ドット間隔と強い相関を持たせる。図 1 1 に示すように、例えば、 $16 \times 16$  画素で、均一な濃度レベル 247 とし、この入力値を誤差拡散に



より2値化処理する場合を例にする。誤差拡散により、黒ドットは256画素中に8つある計算となる。

【0050】

1次元で考えると、256画素中に8つと言うことは、32画素辺りに1個の割合で黒ドットの出現率となる。これを2次元に拡張して考えると、平方根を取ればいい訳で、平均 $\sqrt{32}=4\sqrt{2}$ 画素間隔で黒ドットが並ぶことになり、これが2次元空間における黒ドットの理想間隔と考えられる。

【0051】

更に、ここで、人間の視覚特性では45°のドット配置が快適であることを考慮して、そのようにドットを配置させることを意図すると、水平方向、垂直方向のドット間隔は $4\sqrt{2} \times \sqrt{1/2} \times 2 = 8$ となり、8画素おきに黒ドットが配置されればいいことになる。

【0052】

つまり、レベル247においては、AM-FMスクリーン関数の周期 ( $1/Frq$ ) は $2\pi/8 = \pi/4$ となり、量子化処理の際に、この周期に準じて黒ドットをトラップするイメージとなる。また、ハイライト部は白い背景に黒ドットが分散されるので、黒ドットの制御を中心に、シャドウ部は黒い背景に白いドットが分散されるので、白ドットの制御を中心に考えるべきである。

【0053】

従って、C言語プログラムで一般式で示せば、以下のように入力画素値に応じて周波数を使い分ける。

```
if mod(Avg, 255/(Q-1))-255/2(Q-1)>=0
```

$$Frq = \sqrt{(1/2)} \cdot \sqrt{[255/(Q-1)] / [255/(Q-1) - \text{mod}(\text{Avg}, 255/(Q-1))]} / \pi \quad (2)$$

```
else
```

$$Frq = \sqrt{(1/2)} \cdot \sqrt{[(255/(Q-1)) / \text{mod}(\text{Avg}, 255/(Q-1))]} / \pi \quad (3)$$

図12は、2値化の場合と、4値化の場合との平均値と周波数の関係である。即ち、ドット高密度領域では、高周波数に、ドット低密度領域では、低周波数に制御している。このことから、AM-FMスクリーン関数の周期は $1/Frq$ となる。

## 【0054】

ここで、AM-FMスクリーン関数の周期を2次元で考える。水平方向の周期を $c_x(=1/Fr_{q_x})$ 、垂直方向の周期を $c_y(=1/Fr_{q_y})$ とすると、AM-FMスクリーン関数 $(AF(x,y))$ の概形は、以下のようになる。

## 【0055】

$$AF(x,y)=Amp \cdot \sin(cx+cy+\sigma) \quad (\sigma: \text{初期位相}) \quad (4)$$

従って、AM-FMスクリーン関数は、ドットの低密度領域では高振幅・低周波数、ドットの高密度領域では低振幅・高周波数となることを示している。ここで、 $c_x$ のみを誤差拡散処理と同時に1画素単位にインクリメントすると、図13に示すように、 $AF(x,y)$ は1次元での振動となり、主走査方向には、変化する。

## 【0056】

しかし、そのままでは、垂直方向の正弦波の成分がばらつく。このため、2次元性を持たせるとよい。このためには、 $c_y$ もインクリメントさせる必要がある。しかし、 $c_x$ 、 $c_y$ を同時にインクリメントすると $AF(x,y)$ は意図する波形ではなくなってしまう。

そこで、上手くAM-FMスクリーン関数を2次元空間で制御するために、水平インクリメントと垂直インクリメントを交互にスイッチさせることにより、擬似的に2次元性を持たせる。

## 【0057】

即ち、図13に示すよう、そのスイッチ条件は、一定画素間隔でのスイッチと、垂直方向の画像のエッジのあるときのスイッチである。従って、これらの条件にあてはまる時は、正弦波の進行をリセットし、 $c_y$ をインクリメントして、垂直方向に、正弦波を進行させる。このスイッチ処理を行うために、図2のメモリ回路9に記録した1ライン前の走査線の正弦波の周期を用いる。

## 【0058】

この2つのスイッチ条件によって、AM-FMスクリーン関数は画像の濃淡変動に応じて2次元的に振る舞う。図14に示すように、AM-FMスクリーン関数は、ドットの低密度領域では高振幅・低周波数、ドットの高密度領域では低振幅・高周波数となることを示している。

## 【0059】

図15は、これらの制御を行うための本発明の一実施の形態のハーフトーン処理フロー図である。

## 【0060】

(S1) 注目画素のアドレス  $x$ ,  $y$  を「1」に初期化する。また、スクリーン関数の周期  $c_x$ ,  $c_y$  を「0」に初期化する。

## 【0061】

(S2)  $y$  が垂直画素数以下かを判定する。 $y$  が垂直画素数を越えていると、この処理を終了する。

## 【0062】

(S3)  $x$  が水平画素数以下かを判定する。 $x$  が水平画素数を越えていると、ステップS11に進む。

## 【0063】

(S4) 前述の式(1)から振幅  $Amp$  を計算し、式(2)、(3)から周波数  $f_{req}$  を計算する。

## 【0064】

(S5) 前述の垂直方向のスイッチ条件を判定するため、 $mod(x, c_1)$  を計算し、計算値が「0」かを判定する。 $c_1$  は、前述の水平方向の一定間隔である。又、差分  $\delta$  が「0」かを判定する。

## 【0065】

(S6) いずれも、「0」でない場合は、スイッチしないため、式(4)の周期  $c_x$  に、 $\pi / f_{req}$  を加算する。

## 【0066】

(S7) いずれかが「0」である場合は、前述のスイッチ条件を満たすため、垂直方向にスイッチする。即ち、 $c_x$  を「0」にし、水平方向の進行を止め、 $c_y$  に1走査前の正弦波の周期  $r_{ireki}(x)$  をセットする。

## 【0067】

(S8) 次に、式(4)により、AM-FMスクリーン関数値を計算し、注目画素値  $I$  に、周辺画素からの量子化誤差  $E$  と共に加える。その後、量子化処理を行い

、出力Oを計算する。

【0068】

(S9) その時に生じた量子化誤差Eを算出し、誤差バッファに記録する。更に、周期 $r_{ireki}(x)$ に、 $\pi/freq$ を格納する。

【0069】

(S10) xをインクリメントして、ステップS3に戻る。

【0070】

(S11) yをインクリメントして、ステップS2に戻る。9wo.?

以上の逐次処理での誤差拡散とAM-FMスクリーン関数の作用によって、出力画像のドットパターンを良好に制御することが可能となる。

【0071】

更に、カラー画像の場合には、C,M,Y各プレーンにおける正弦波の初期位相（式4の $\sigma$ ）を、図16のように、異なる値 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ にすることで、C,M,Yの1次色ドットを比較的等間隔で併置させることが可能となる。図17に示すように、C,M,Yドットを併置させることで、ハーフトーン画像の空間周波数成分も高まり、結果的に粒状性の減少をもたらし、ドット併置混色によって色域も拡大する。

【0072】

次に、実施例を説明する。図18は、比較例であるFloydの誤差拡散法による出力パターン図であり、図19は、比較例である双方向走査と誤差フィルタ切替とを併用した場合の出力パターン図であり、図20は、本発明により、図19の場合に、AM-FMスクリーン関数を加えた場合の出力パターン図である。図19の比較例では、図18の比較例と比べ、図18の左側に見られるworm、右側に見られるfingerprint共々、軽減されていることが窺える。更に、図20の本発明による出力画像は、図19の比較例で選ばれたドットパターンよりも更にドット低密度領域でかなり網点に近似した粒状性の少ないドットパターンを得られていることが窺える。

【0073】

以上、本発明を実施例により、説明したが、本発明の趣旨の範囲内において、

種の変形が可能であり、これらを、本発明の範囲から排除するものではない。

【 0 0 7 4 】

【発明の効果】

本発明では、重畳する正弦波の振幅、周波数を、注目画素値と周辺画素値の平均値を用いて、変調している。平均値は、ドット密度の高低を示すため、ドット密度に応じた、振幅、周波数の正弦波を重畳できる。このため、諧調性を維持するため、誤差拡散しても、ドット密度の低い所では、網点のような均一で周期的なドットパターンを、ドット密度の高い所では、市松模様に近い高周波なドットパターンに、配置でき、視覚的により良好なハーフトーン画像が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態の画像処理装置のブロック図である。

【図 2】

図 1 の画像処理ユニットの機能ブロック図である。

【図 3】

図 2 の双方向走査の説明図である。

【図 4】

図 2 の要部ブロック図である。

【図 5】

本発明のドット密度の説明図である。

【図 6】

平均値とドット密度の関係図である。

【図 7】

AM-FMスクリーン関数の振幅計算の説明図である。

【図 8】

AM-FMスクリーン関数の振幅計算の動作図である。

【図 9】

AM-FMスクリーン関数の振幅制御の説明図である。

【図 1 0】

AM-FMスクリーン関数の振幅制御の動作図である。

【図 1 1】

AM-FMスクリーン関数の周波数計算の説明図である。

【図 1 2】

AM-FMスクリーン関数の周波数計算の動作図である。

【図 1 3】

AM-FMスクリーン関数の 2 次元制御の説明図である。

【図 1 4】

AM-FMスクリーン関数の振幅・周波数制御の動作図である。

【図 1 5】

本発明の一実施の形態の画像処理フロー図である。

【図 1 6】

本発明の一実施の形態のカラー画像処理の説明図である。

【図 1 7】

図 1 6 のカラー画像処理の説明図である。

【図 1 8】

比較例の出力パターン図である。

【図 1 9】

他の比較例の出力パターン図である。

【図 2 0】

本発明の実施例による出力パターン図である。

【符号の説明】

- 1 フルカラー入力画像
- 2 加算回路
- 3 量子化回路
- 4 減算回路
- 5 誤差バッファ
- 6 誤差フィルタ
- 7 濃度レベル検出回路

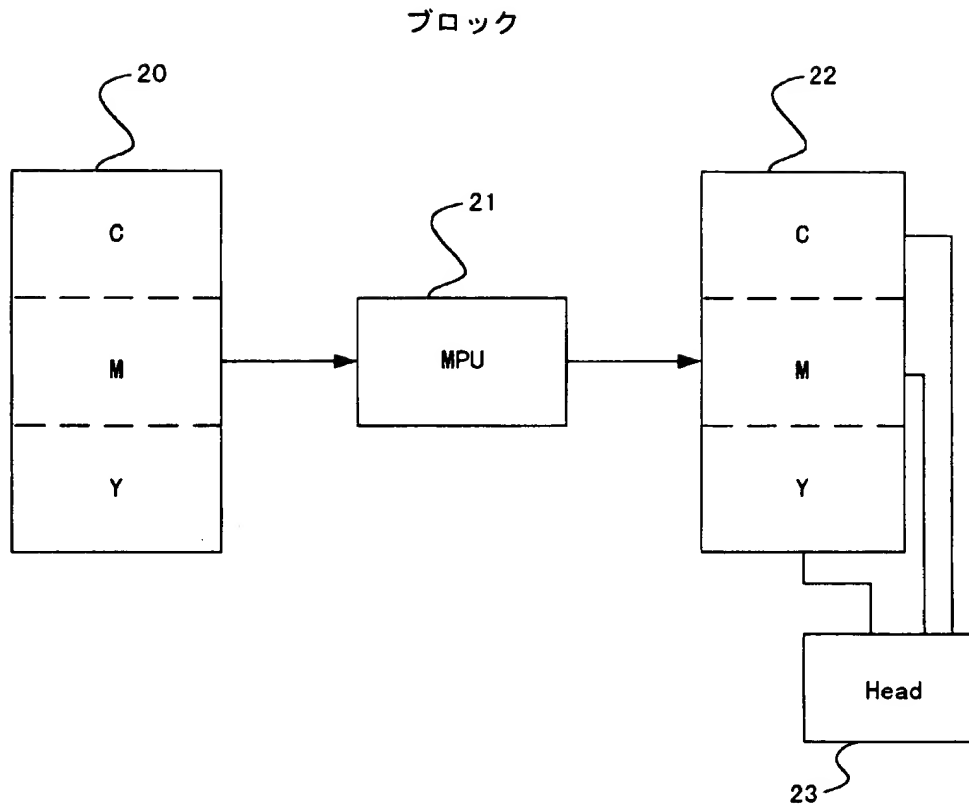
8 AM・FM正弦波回路

9 正弦波記録バッファ

10 出力画像

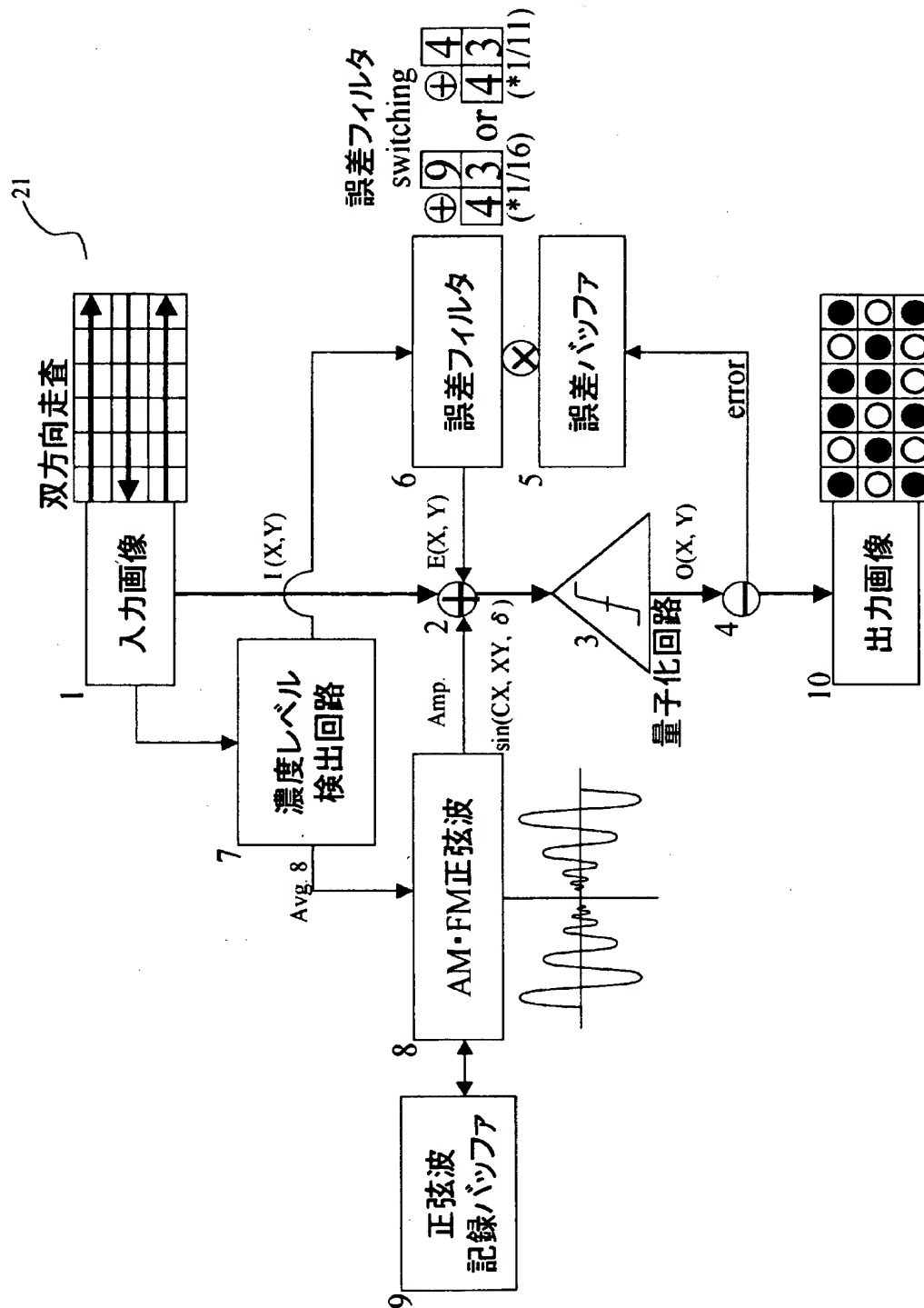
【書類名】 図面

【図 1】

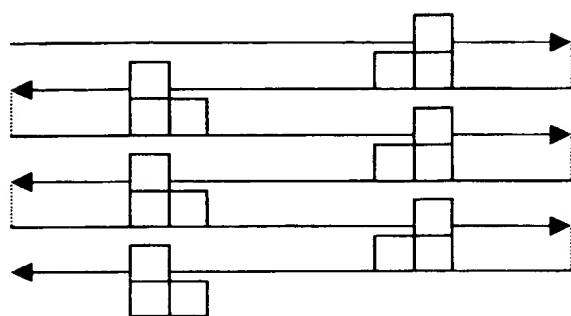




【図 2】

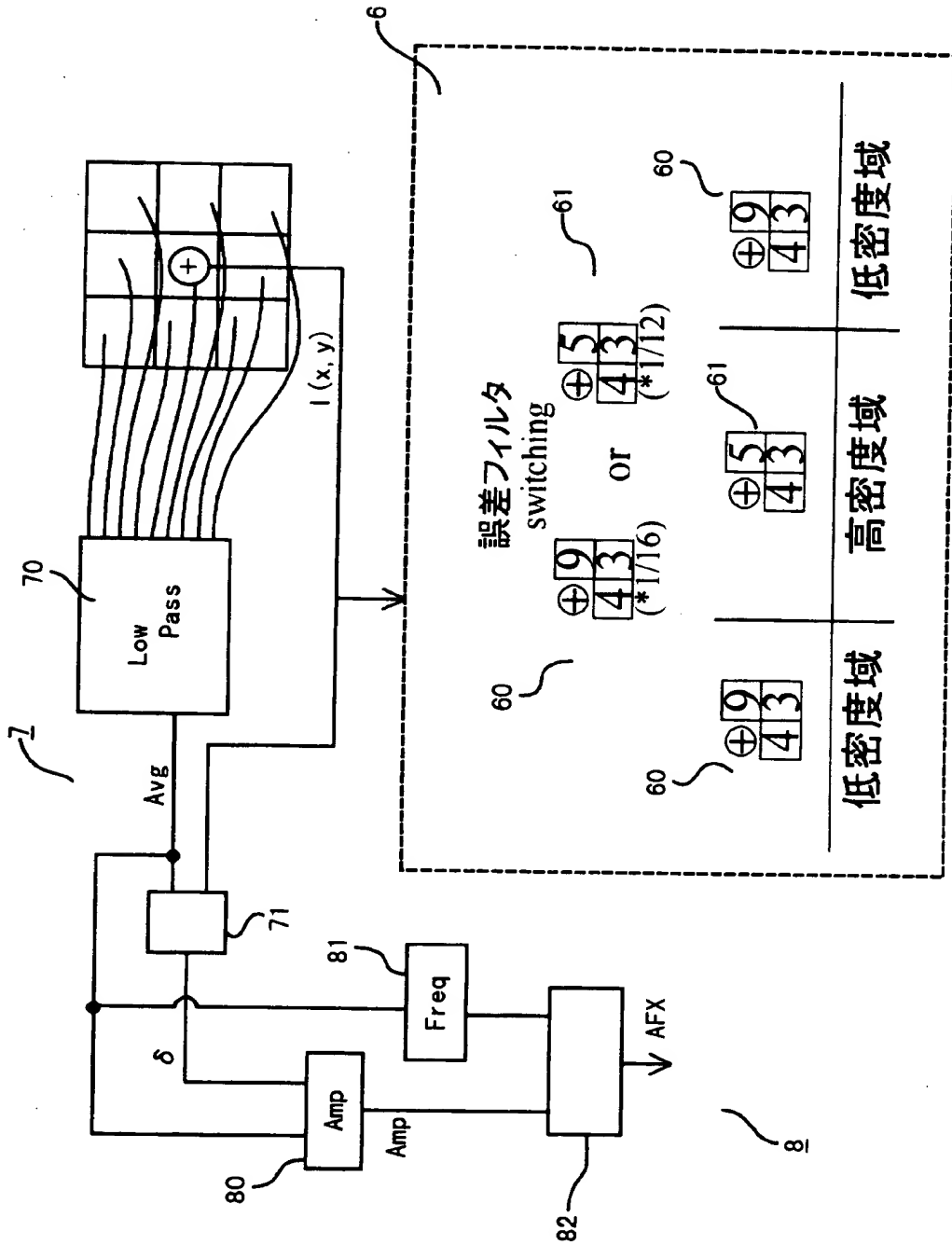


【图 3】



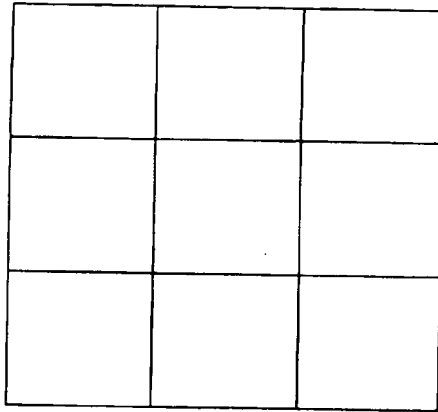
双方向走查

【図 4】

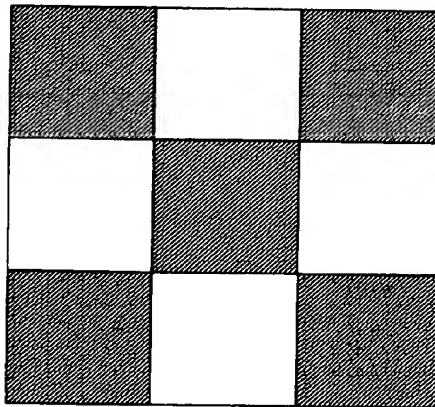


【図 5】

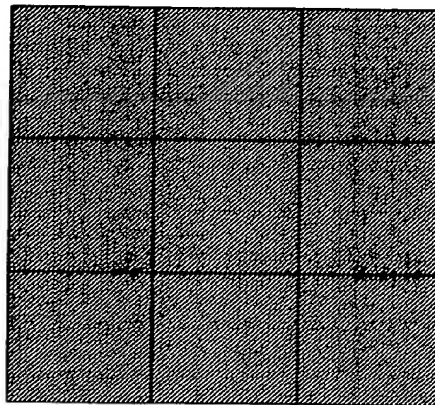
(A)



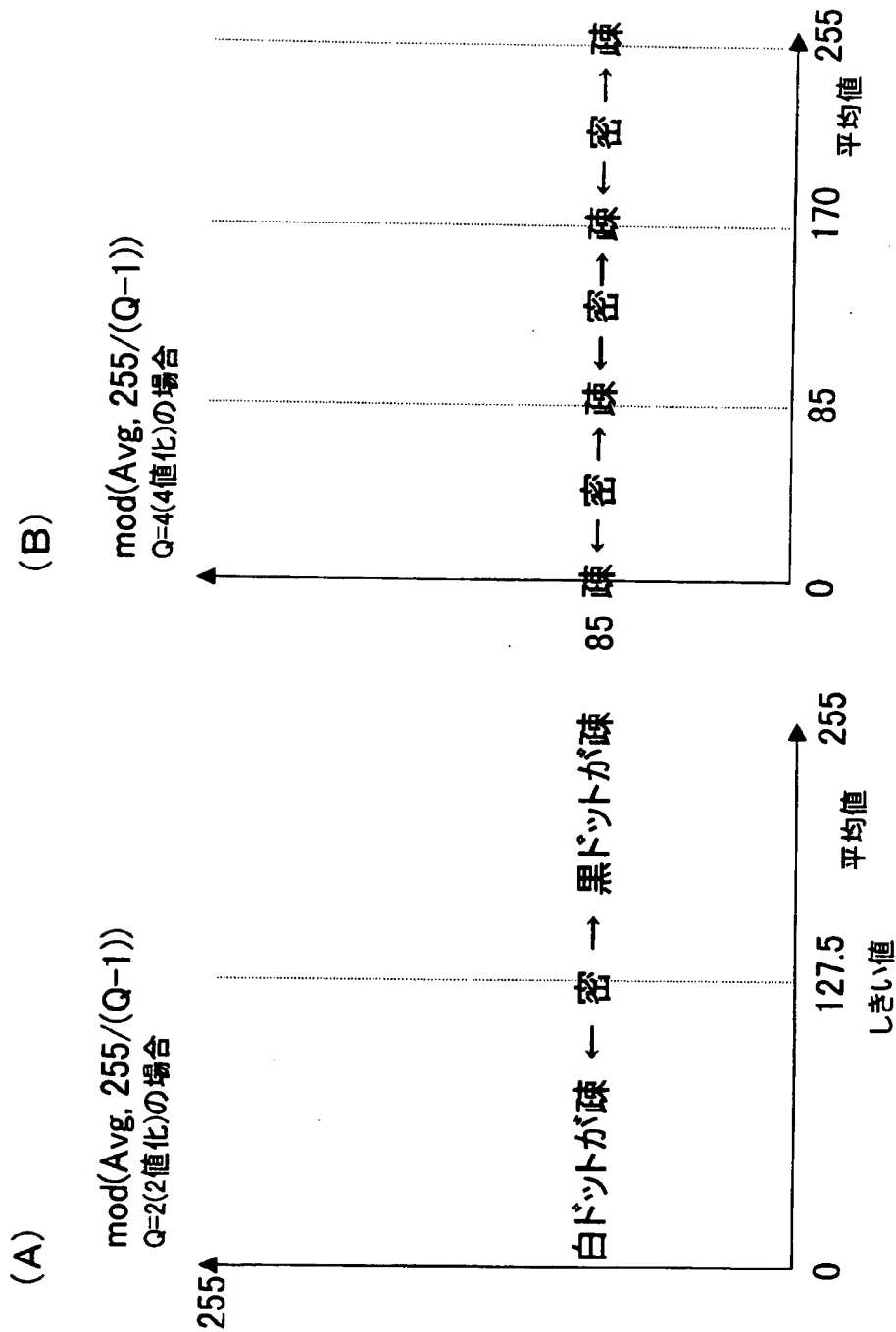
(B)



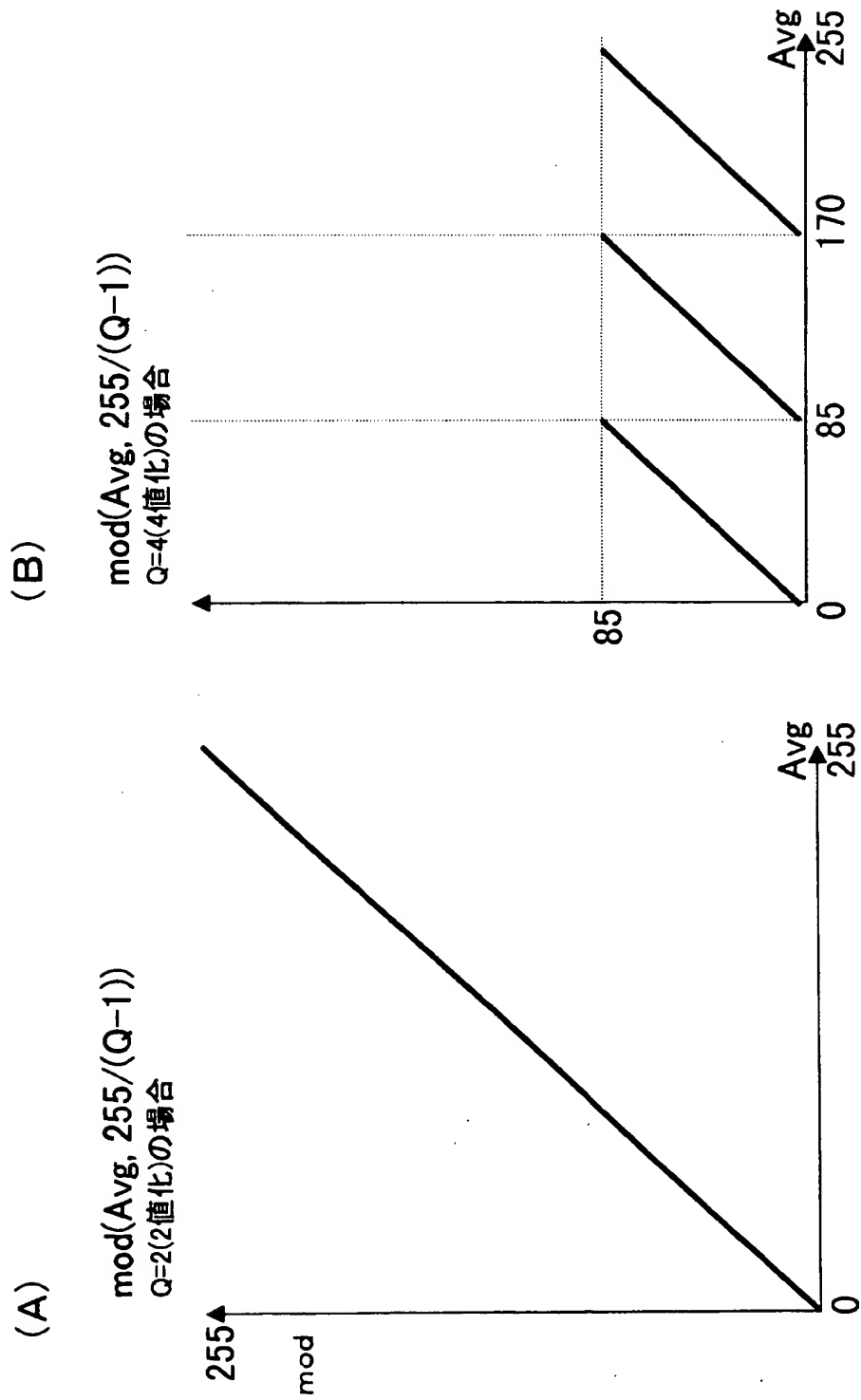
(C)



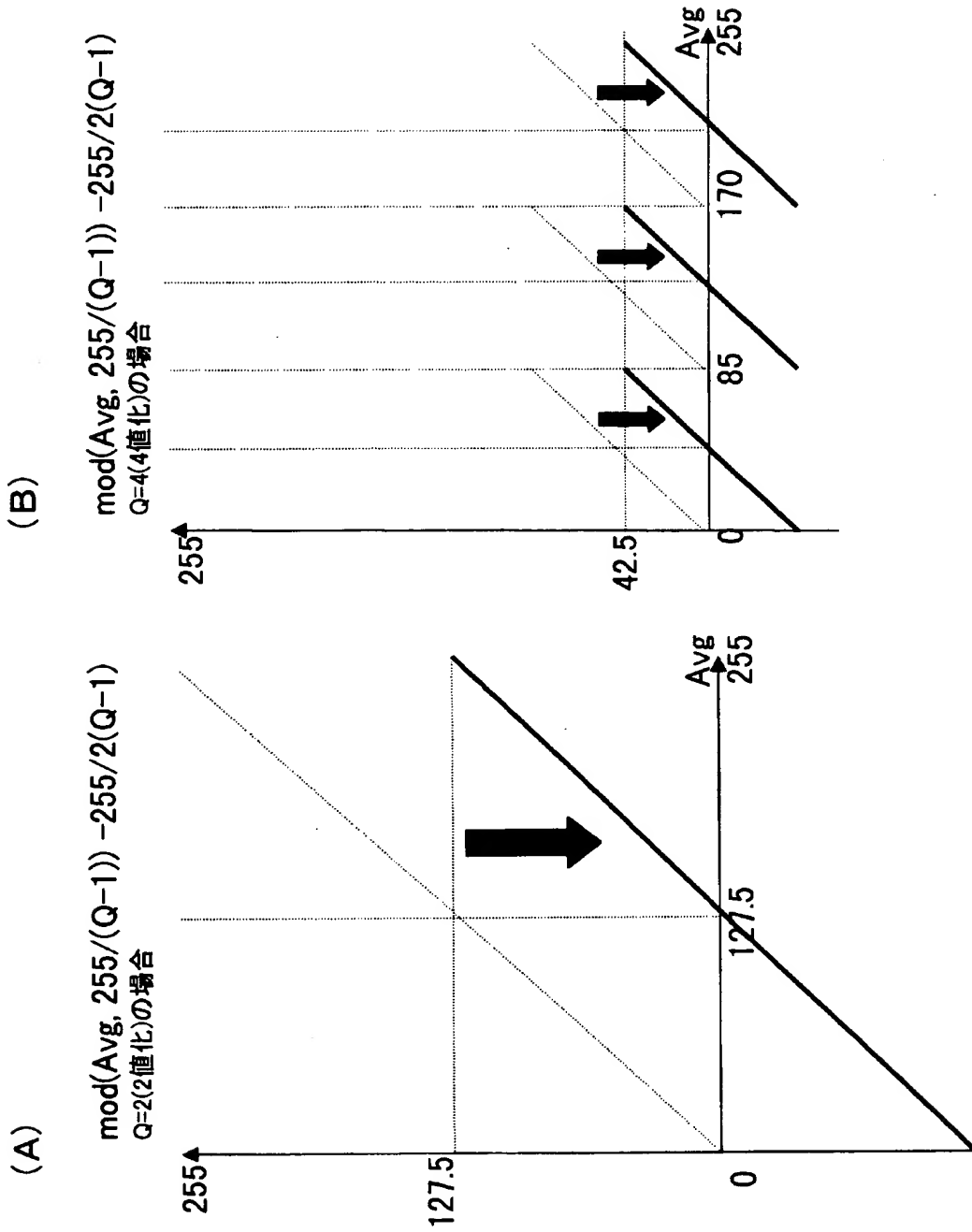
【図 6】



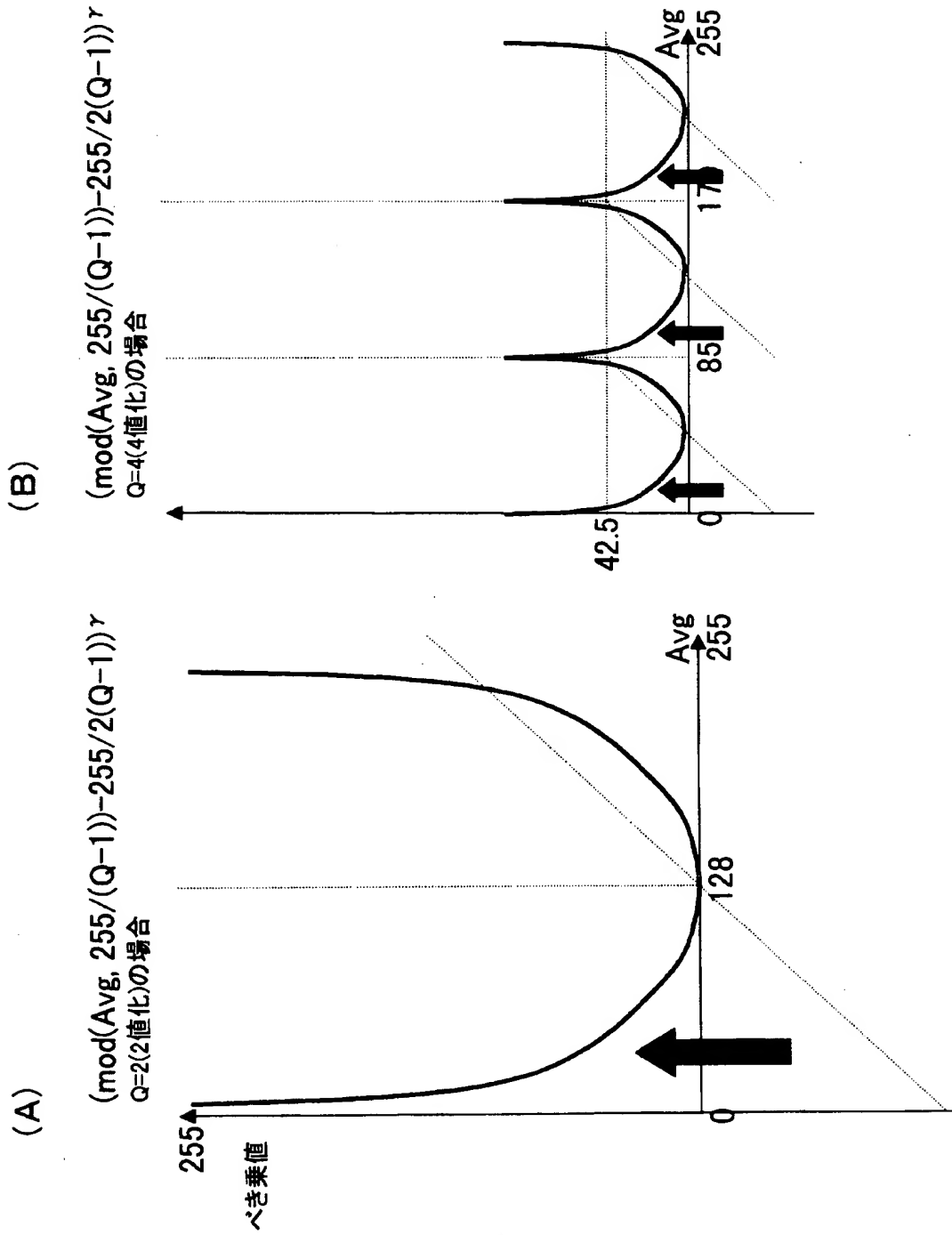
【図 7】



【図 8】

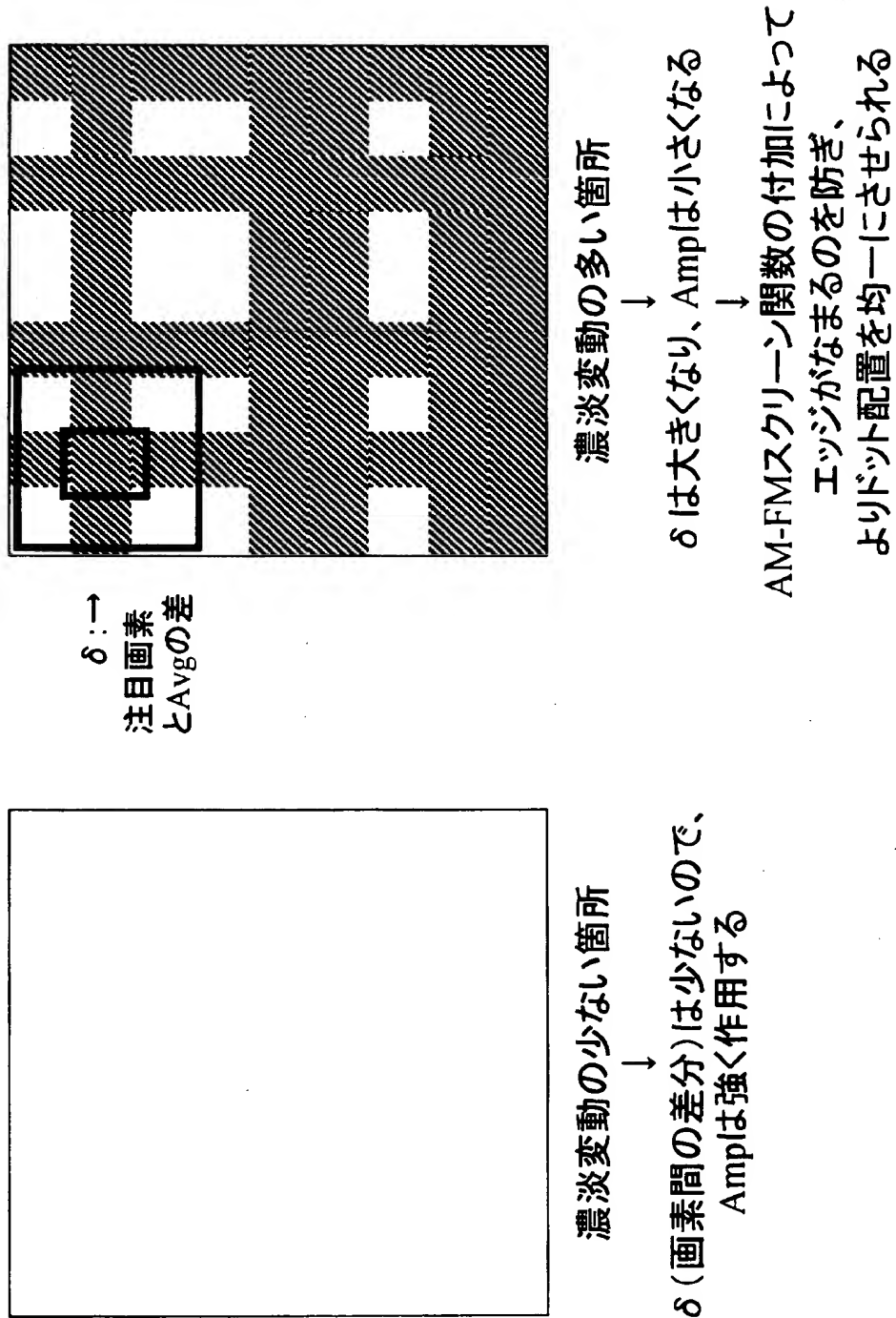


【図 9】

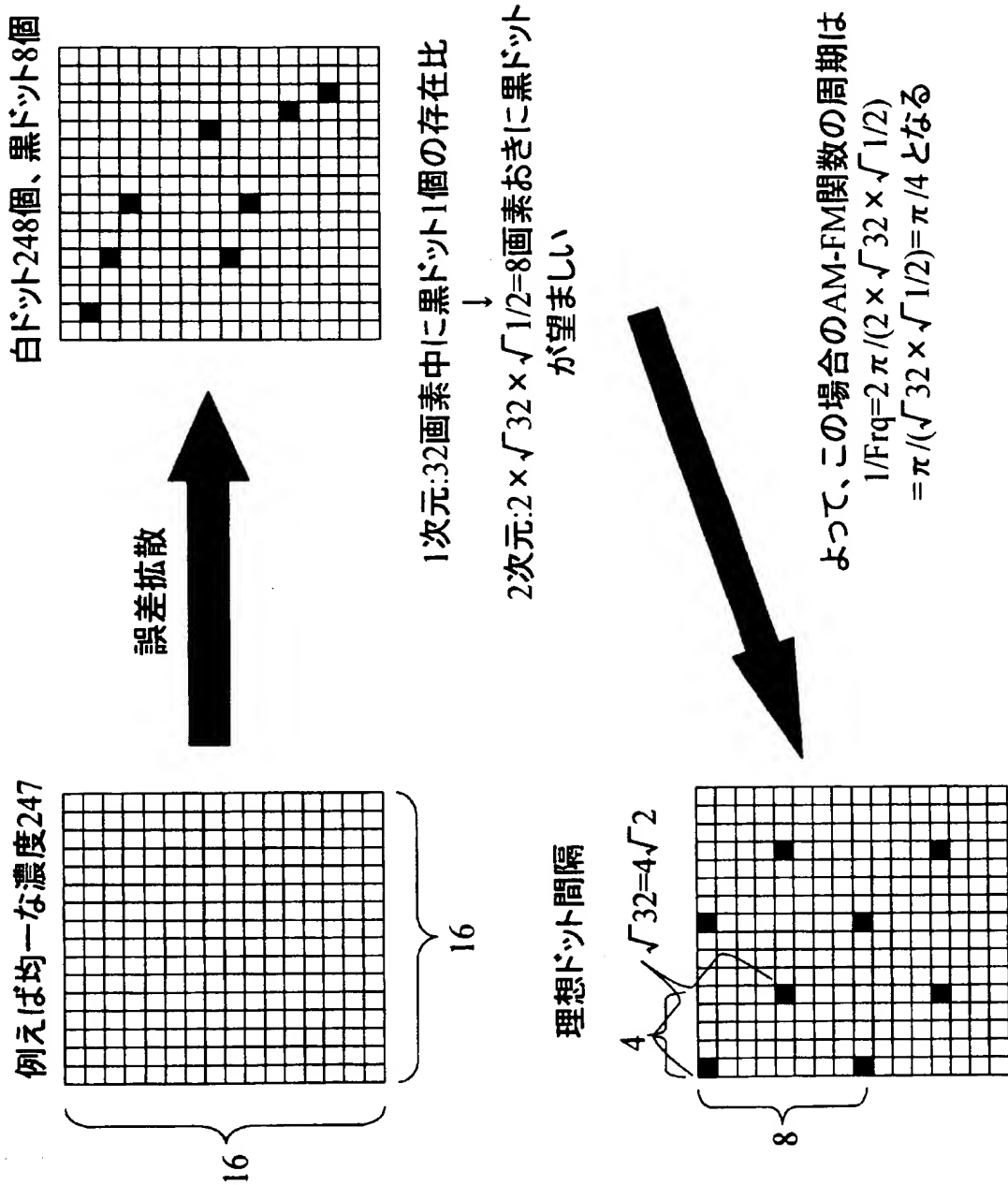




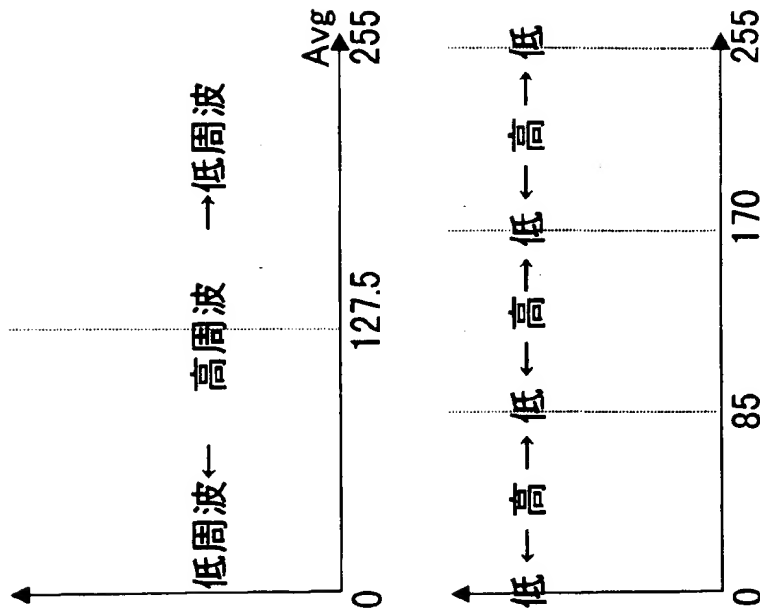
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



### 2値化処理の場合

if Avg>=127.5

Frq= $\sqrt{(1/2) \times \sqrt{255/(255-Avg)}/\pi}$

else

Frq= $\sqrt{(1/2) \times \sqrt{255/Avg}/\pi}$

### 4値化処理の場合

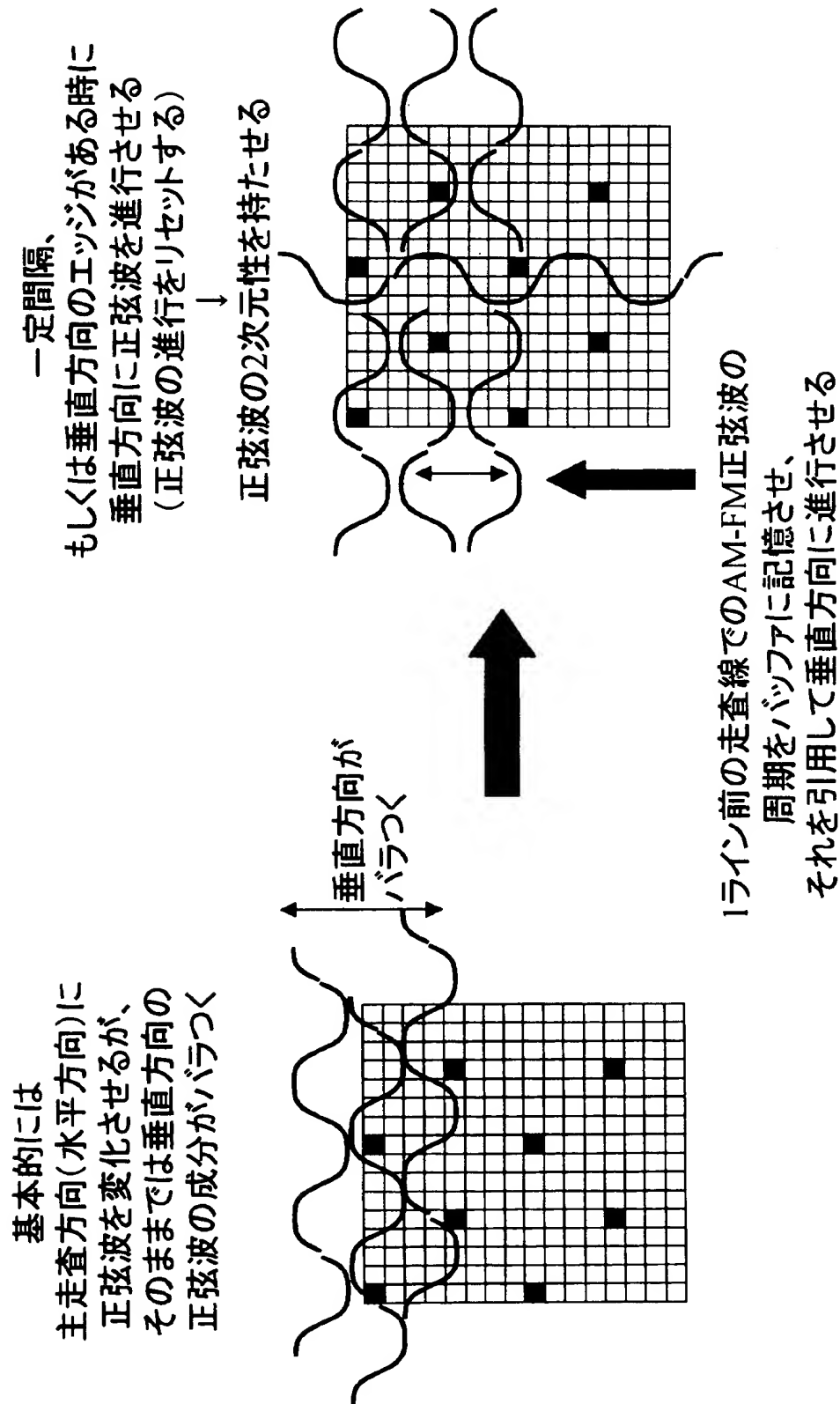
if mod(Avg, 85)-42.5>=0

Frq= $\sqrt{(1/2) \cdot \sqrt{[85/[85-\text{mod}(Avg, 85)]]}/\pi}$

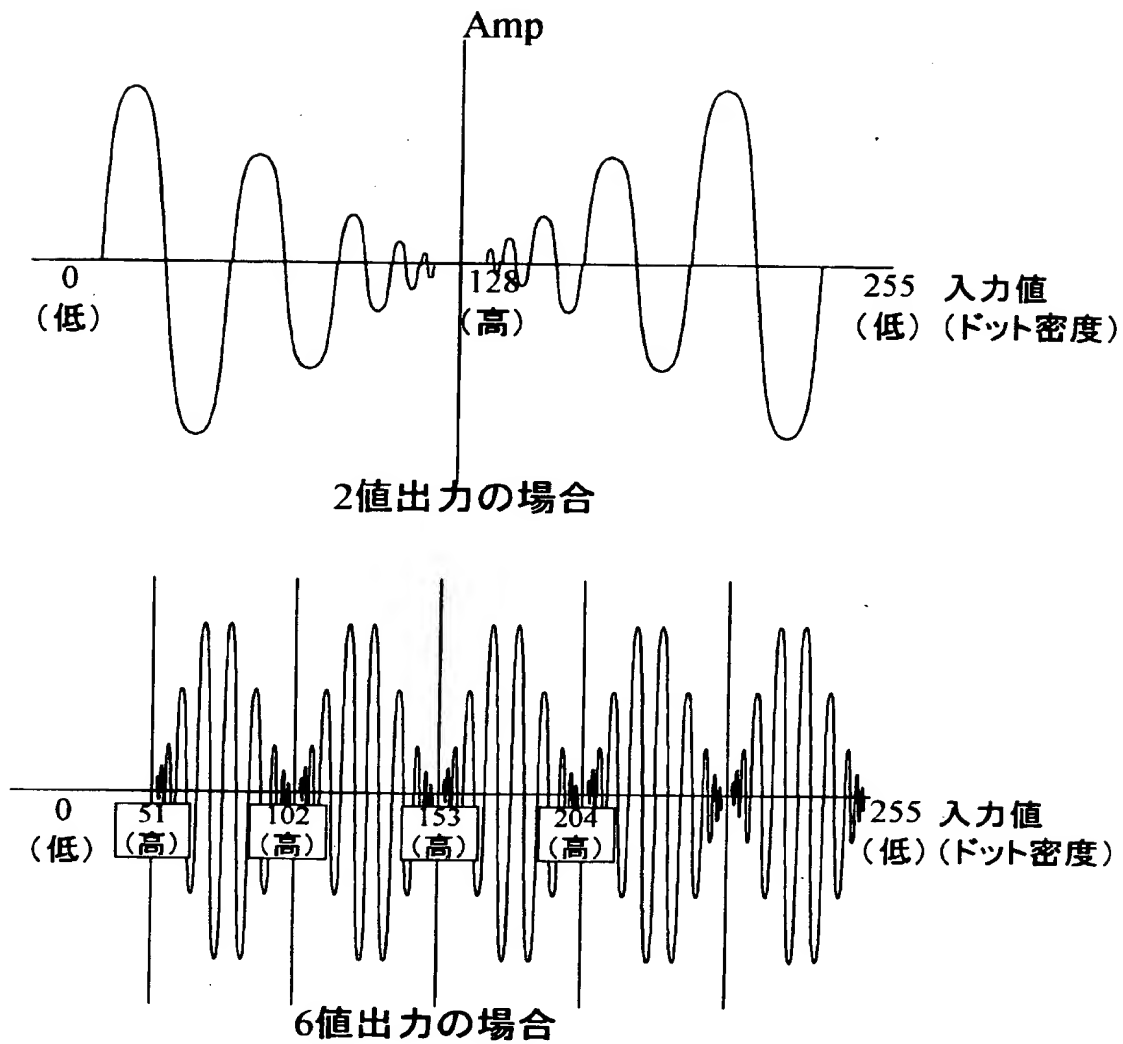
else

Frq= $\sqrt{(1/2) \cdot \sqrt{[85/\text{mod}(Avg, 85)]}/\pi}$

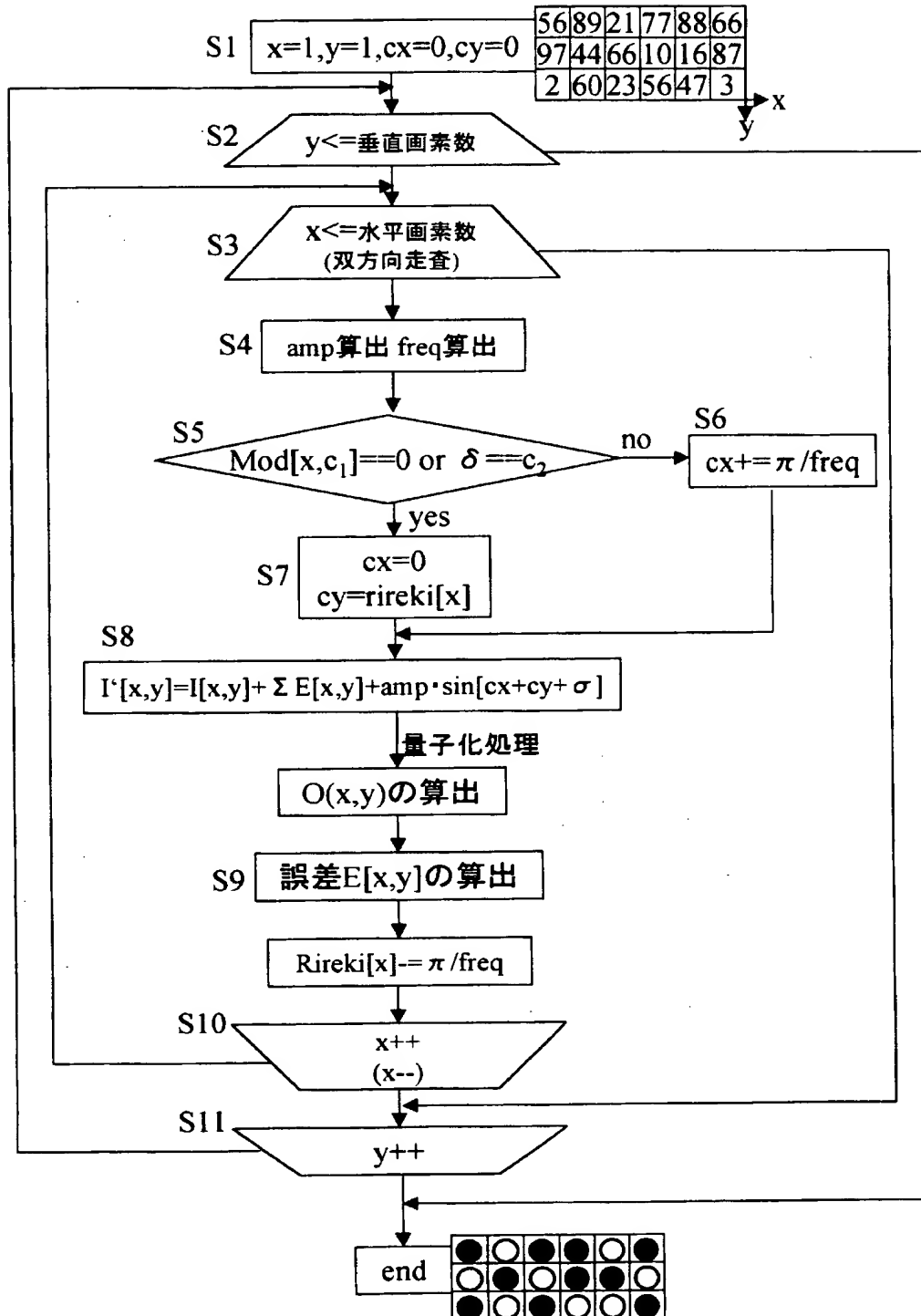
【図 13】



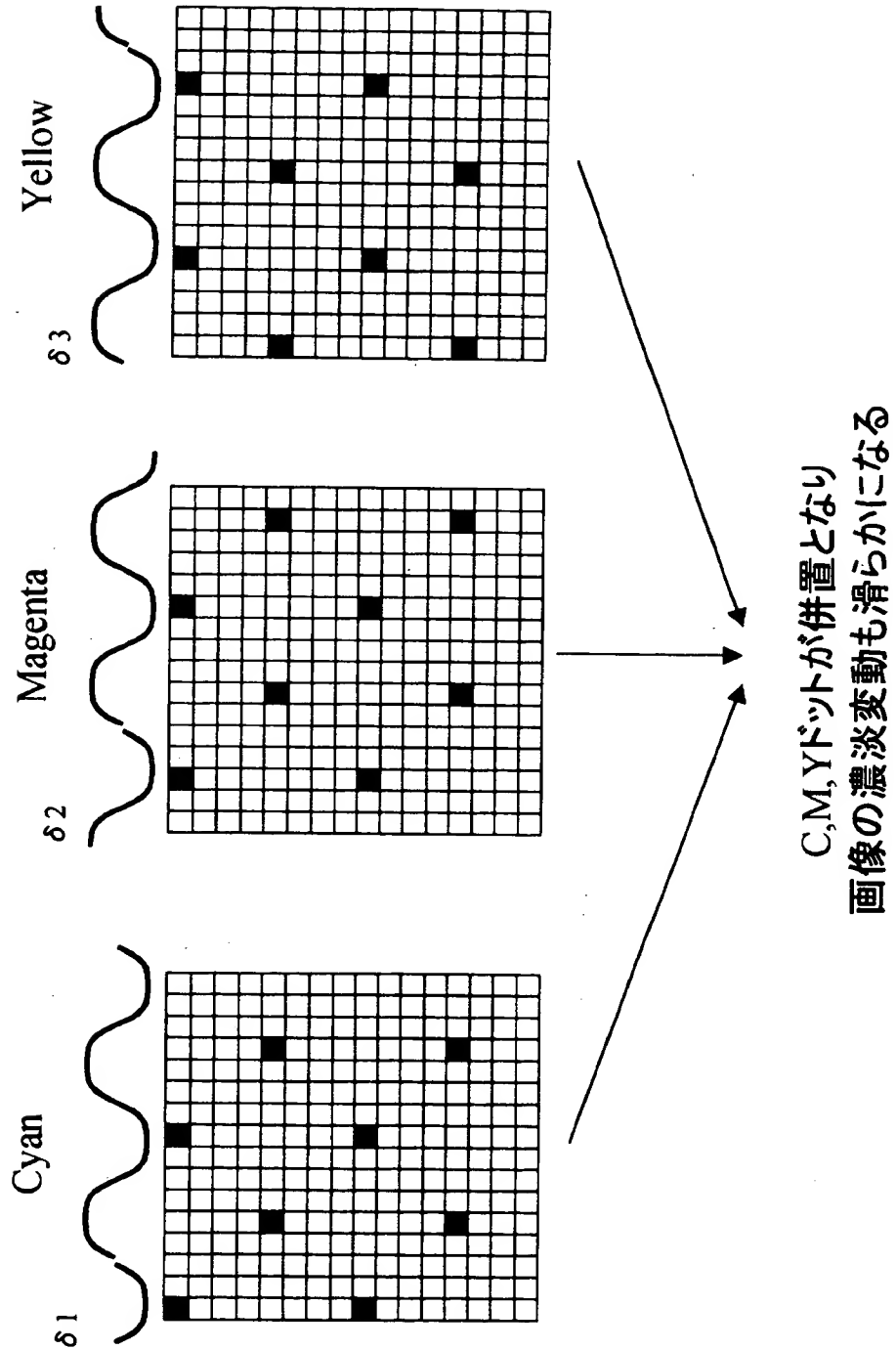
【図 14】



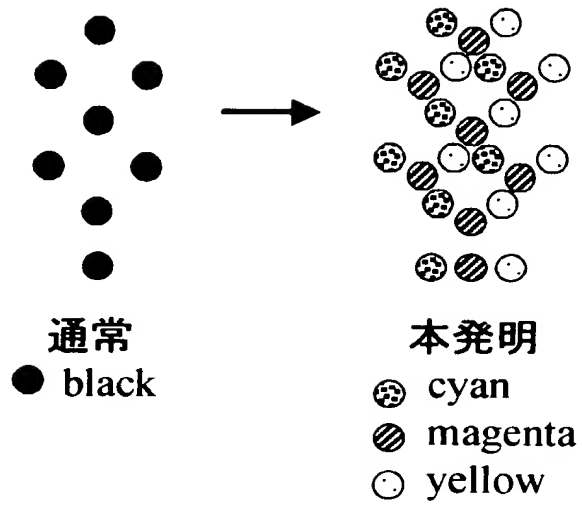
【図 15】



【図 16】

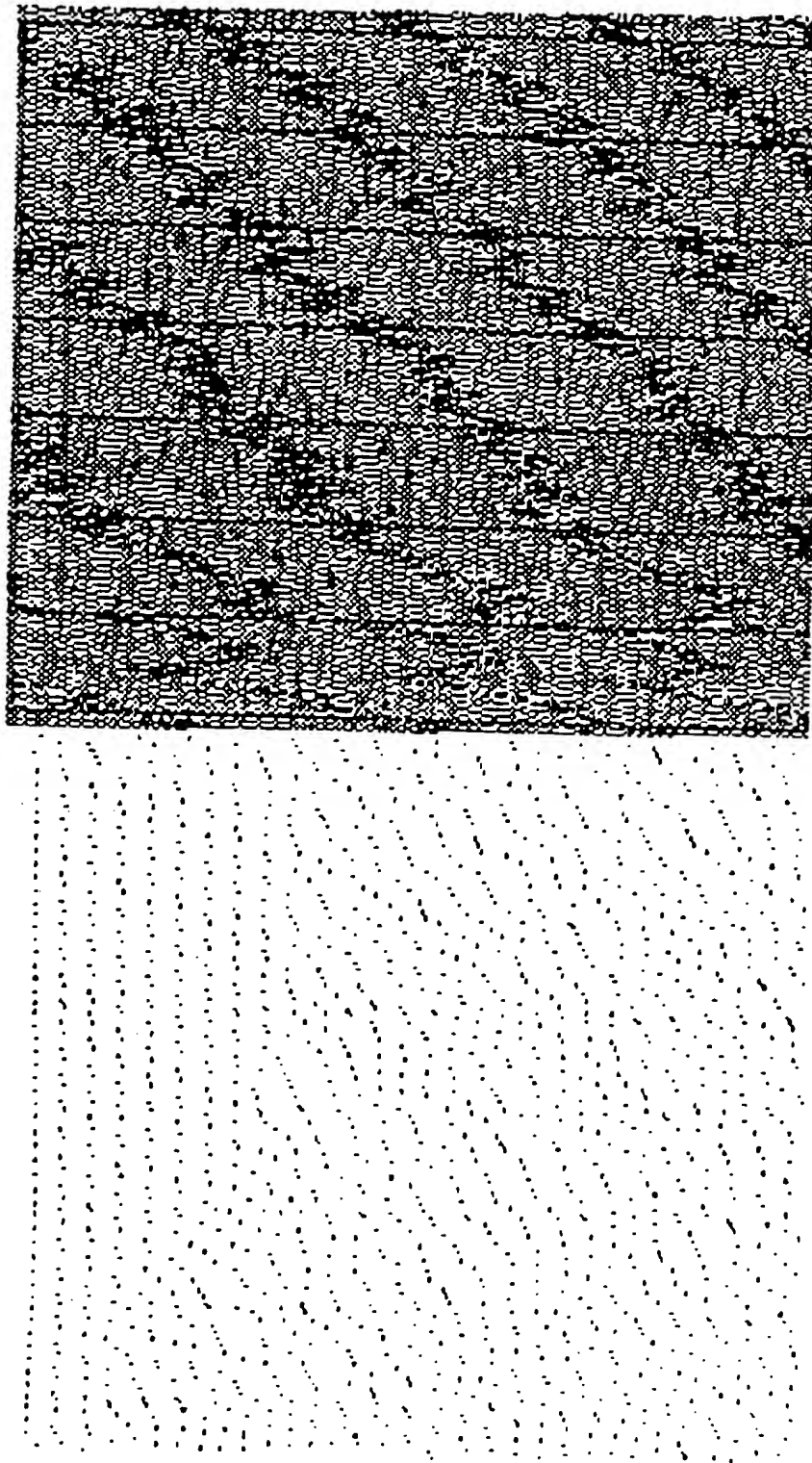


【図 1 7】



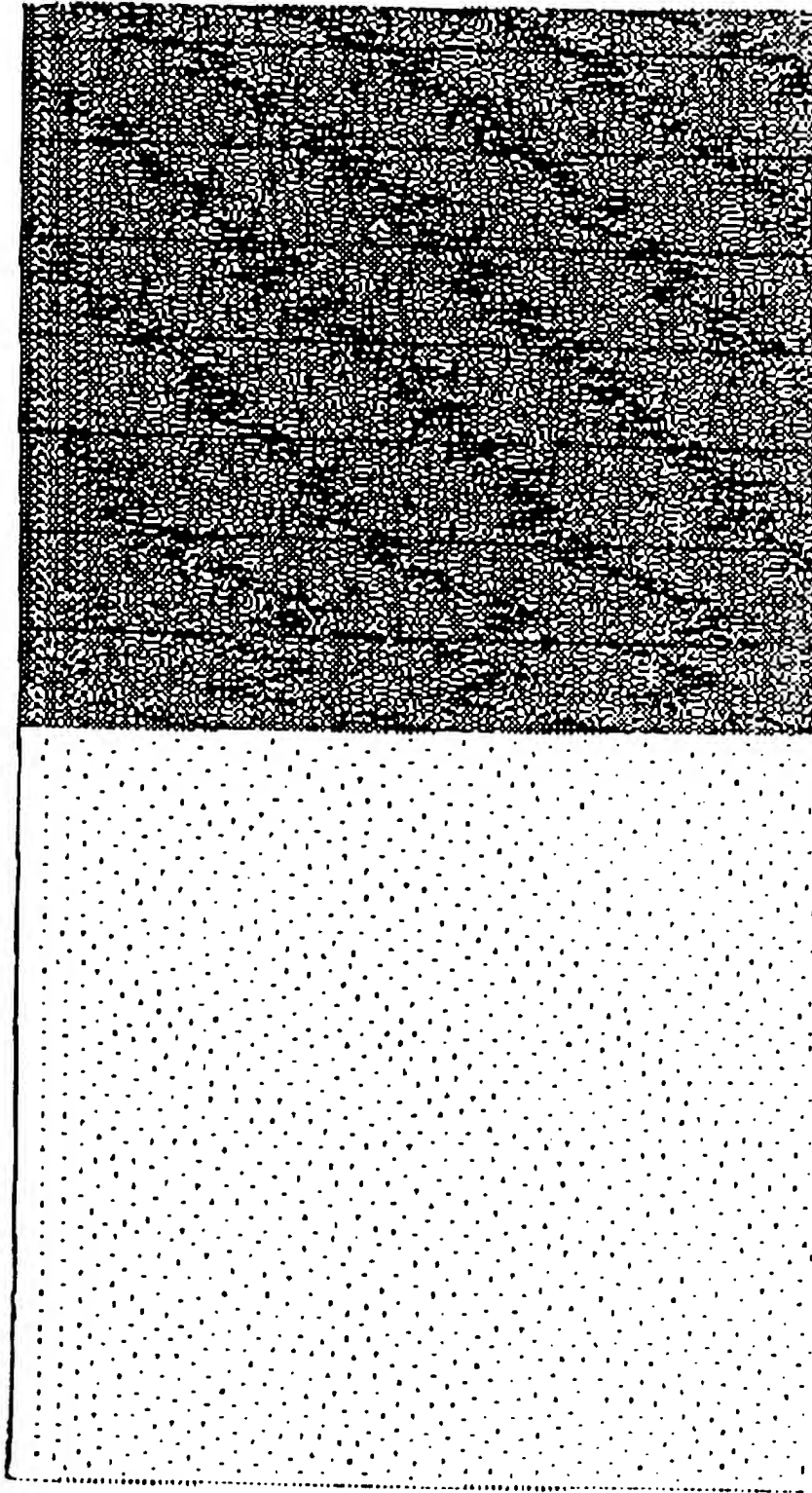


【図18】



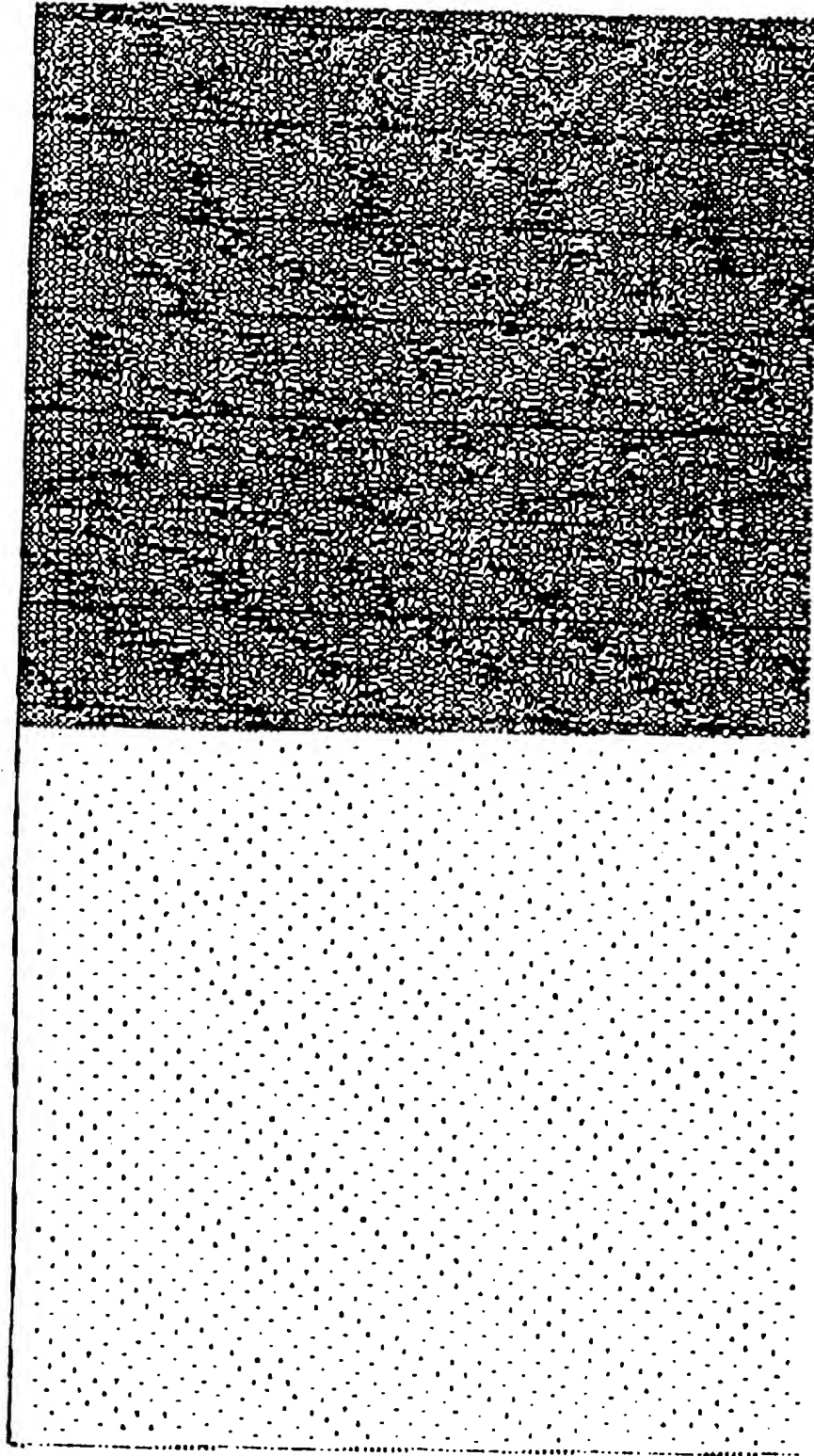
Floydの標準誤差拡散

【図19】



双方向走査  
+  
小サイズ誤差フィルタ操作

【図20】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 誤差拡散法を用いたハーフトーン処理において、出力画像の幾何学的テクスチャと粒状性を向上する。

【構成】 入力画像を誤差拡散法を用いてハーフトーン処理を行う画像処理方法において、注目画素値及び周辺画素値の平均値に従い、振幅及び周波数変調された正弦波を発生するステップと、前記拡散された量子化誤差と、前記注目画素値と、前記正弦波とを加算するステップと、前記加算結果を、所定の諧調数で量子化するステップと、前記量子化による誤差から前記周辺画素の量子化誤差を算出するステップとを有する。誤差拡散法に外乱正弦波を印加することにより、拡散誤差を均一に分散でき、幾何学的テクスチャと粒状性を向上できる。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-067562
受付番号	50000290283
書類名	特許願
担当官	益子 美智子 8139
作成日	平成12年 3月15日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005223
【住所又は居所】	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
【氏名又は名称】	富士通株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100094514
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-9-5 第三東 昇ビル3階 林・土井 国際特許事務所
【氏名又は名称】	林 恒徳

【代理人】

【識別番号】	100094525
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-9-5 第三東 昇ビル3階 林・土井 国際特許事務所
【氏名又は名称】	土井 健二

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社